РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ

(19) **RU** (11) **2 379 181** (13) **C2**

(51) МПК
B29C 35/04 (2006.01)

ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ,
ПАТЕНТАМ И ТОВАРНЫМ ЗНАКАМ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(21), (22) Заявка: **2006147315/12, 09.06.2005**

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
09.06.2005

(30) Конвенционный приоритет:
09.06.2004 AU 204903096

(43) Дата публикации заявки: **20.07.2008**

(45) Опубликовано: **20.01.2010** Бюл. № 2

(56) Список документов, цитированных в отчете о поиске: **JP 6305806 A, 01.11.1994. JP 57051422 A, 26.03.1982. GB 1498765 A, 25.01.1978. JP 56166020 A, 19.12.1981. JP 56148521 A, 18.11.1981.**

(85) Дата перевода заявки PCT на национальную фазу: **09.01.2007**

(86) Заявка PCT:
AU 2005/000829 (09.06.2005)

(87) Публикация PCT:
WO 2005/120794 (22.12.2005)

Адрес для переписки:
129090, Москва, ул. Б.Спасская, 25, стр.3, ООО "Юридическая фирма Городисский и Партнеры", пат.пов. С.А.Дорофееву

(72) Автор(ы):
ХЕЙВУД Майкл Алекс (AU)

(73) Патентообладатель(и):
ИНДАСТРИАЛ КОМПОЗИТС ИНДЖИНИРИНГ ПТИ ЛТД (AU)

(54) СПОСОБ ФОРМОВАНИЯ ИЛИ ОТВЕРЖДЕНИЯ ПОЛИМЕРНЫХ КОМПОЗИТНЫХ МАТЕРИАЛОВ

(57) Реферат:

Настоящее изобретение относится к способу и устройству для формования или отверждения полимерных композитных материалов с использованием пара. Техническим результатом заявленного изобретения является создание способа и устройства для формования полимерного композитного материала, позволяющего получать качественные изделия при снижении затрат и упрощении аппаратного обеспечения. Технический результат достигается в способе формования или отверждения полимерных композитных материалов, который включает этап нагревания неотвержденного полимерного композитного материала с помощью нагретого пара при атмосферном давлении. 3 н. и 20 з.п. ф-лы, 4 ил.

RU 2379181 C2

RU 2379181 C2

RUSSIAN FEDERATION

(19) **RU** (11) **2 379 181** (13) **C2**

(51) Int. Cl.
B29C 35/04 (2006.01)

FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY,
PATENTS AND TRADEMARKS

(12) ABSTRACT OF INVENTION

(21), (22) Application: **2006147315/12, 09.06.2005**

(24) Effective date for property rights:
09.06.2005

(30) Priority:
09.06.2004 AU 204903096

(43) Application published: **20.07.2008**

(45) Date of publication: **20.01.2010 Bull. 2**

(85) Commencement of national phase: **09.01.2007**

(86) PCT application:
AU 2005/000829 (09.06.2005)

(87) PCT publication:
WO 2005/120794 (22.12.2005)

Mail address:
129090, Moskva, ul. B.Spasskaja, 25, str.3, OOO "Juridicheskaja firma Gorodisskij i Partnery", pat.pov. S.A.Dorofeevu

(72) Inventor(s):
KhEJVUD Majkl Aleks (AU)

(73) Proprietor(s):
INDASTRIAL KOMPOZITS INDZhINIRING PTI LTD (AU)

RU 2379181 C2

(54) METHOD OF EXTRUSION OR SOLIDIFICATION OF POLYMERIC COMPOSITE MATERIAL

(57) Abstract:

FIELD: metallurgy.

SUBSTANCE: method of formation and solidification of composite materials includes stage of heating of uncured polymeric composite materials includes stage of heating of uncured polymeric composite material by means of heated steam at atmospheric pressure.

EFFECT: creation of method and device for formation of polymeric composite material providing receiving of qualitative product at reduction of expenditures and simplification of hardware support.

23 cl, 7 ex

RU 2379181 C2

Область техники, к которой относится изобретение

Настоящее изобретение относится к способу и устройству для формования или отверждения полимерных композитных материалов. Более конкретно, настоящее изобретение относится к способу и устройству для формования или отверждения полимерных композитных материалов с использованием пара.

Предпосылки изобретения

Термин полимерный композитный материал обычно относится к материалам, полученным посредством пропитки волокнистых материалов смолами, которые используются во многих отраслях промышленности, относящихся к авиакосмической промышленности, мотоспорту, автомобильной промышленности, лодочному спорту, гражданскому строительству, и они обычно выполнены из слоистых пластиков или слоев. Волокна, используемые в таких композитных материалах, обычно меняются и содержат углерод, арамид (кевлар) и стекло, и смолы обычно выбираются из термопластических или термореактивных смол, таких как эпоксидная смола, цианат, фенолоальдегидная смола и тому подобное.

Волокна, пропитанные термореактивной смолой, обычно являются мягкими, гибкими, слегка клейкими материалами, содержащими однонаправленные волокна или тканое полотно. Изделия из полимерного композитного материала должны формоваться или отверждаться в условиях повышенных температуры и давления для сжатия материала и образования полимерного композитного материала.

В случае термопластического композитного материала добавление тепла служит для обеспечения потока термопластической смолы, которая при комнатной температуре является твердой. Сочетание давления и температуры обеспечивает пропитку волокон расплавленной смолой и формование термопластического полимерного композитного материала в желаемую форму. Затем термопластический полимерный композитный материал отверждается при охлаждении и образует желаемое изделие.

Комбинированные конструкции, выполненные из слоистых пластиков, и комбинированные многослойные конструкции, выполненные из слоистых пластиков и легких сердцевин (сотовые структуры, пены, дерево и т.д.), могут иметь множество дефектов непосредственно в результате технологического процесса. Общие проблемы включают экзотермические реакции смол, образование поверхностных раковин, замедленный поток смолы, внутреннюю пористость, пустоты и непрочный поверхностный слой для склеивания структур.

Пустоты и пористость считаются самыми серьезными дефектами, которые ухудшают механические свойства термопластических полимерных композитных материалов. Пустоты являются результатом расширения летучих веществ в газообразном состоянии во время цикла отверждения. Влажность является основным источником летучих веществ, находящихся в предварительно пропитанных термопластических полимерных композитных материалах. Предварительно пропитанные термопластические полимерные композитные материалы легко впитывают влагу из окружающей атмосферы, причем содержание влаги зависит от относительной влажности, температуры окружающего воздуха и содержания смолы в предварительно пропитанных термопластических полимерных композитных материалах. Когда температура изделия из термопластического полимерного композитного материала повышается во время цикла отверждения, то давление пара из-за этих летучих веществ увеличивается. Эти газовые карманы задерживаются в полимерном композитном материале при отверждении смолы, образуя сферические

пустоты, которые могут действовать в качестве участков, вызывающих усталость или разрушение.

Пористость является аналогичным явлением, что и пустоты, и является результатом задержания воздуха между слоями предварительно пропитанных термопластических полимерных композитных материалов во время наслаивания. Эти воздушные карманы не могут быть удалены посредством простого уплотнения вакуумом и остаются заблокированными в вяжущем веществе смолы во время отверждения.

Современные промышленные способы отверждения и формования включают печи или автоклавы, которые являются печами высокого давления. Посредством использования давления многие из указанных проблем сведены к минимуму. Однако некоторые проблемы не решены, и, кроме того, некоторые проблемы возникают в результате обработки в автоклаве.

Реакции при отверждении термопластических смол являются экзотермическими, и тепло, образуемое во время отверждения, создает серьезные проблемы (например, воспламенение композитного материала) до тех пор, пока оно не будет отведено в окружающую среду. Относительно низкая удельная теплота воздуха или азота, используемого в автоклавах, обеспечивает то, что небольшое количество энергии поглощается газами во время отверждения композитного материала. Поэтому температура автоклава должна постепенно возрастать при низкой скорости, обычно на 1-3°C в минуту, где-то до 100°C-200°C. Медленное линейное изменение температуры обеспечивает то, что разность температур между композитным материалом и окружающим газом является достаточной для безопасного поглощения тепла. Требование к низкой скорости линейного изменения температуры обеспечивает продолжительное время цикла, которое может быть неэффективным для крупномасштабного производства изделий. Необходимые низкие скорости линейного изменения температуры также являются побочным результатом низкой удельной теплопроводности газов. Слишком быстрое увеличение температуры может создать температурные градиенты в камере автоклава, если источники тепла находятся в небольшом количестве и неравномерно рассредоточены. Эти температурные градиенты могут вызывать температурные напряжения в изделии из полимерного композитного материала, когда один конец отверждается быстрее другого конца.

Для осуществления способов формования термопластического полимерного композитного материала требуется подача тепловой энергии для повышения температуры термопластического композитного материала до точки, при которой термопластическая смола плавится и течет. Обычно это выполняется в печи, в которой ограничения, обусловленные скоростью теплообмена газа или воздуха, могут быть причиной длительных периодов линейного изменения температуры. В качестве альтернативы, процесс выполняется в экструдере, который обеспечивает высокие скорости линейного изменения в результате контакта термопластического композитного материала с металлическими нагревательными элементами. Однако использование экструдеров при производстве термопластических композитных материалов является очень ограниченным, так как действие экструзии, при котором смола выдавливается через небольшое нагретое отверстие, ограничивает количество армированных волокон, которые могут быть введены в изделие. Это количество армированных волокон вносит различие между тем, что обычно называется изделием из термопластика, и изделием из термопластического полимерного композитного материала.

Обычный цикл отверждения в автоклаве включает медленное повышение

температуры до конечной температуры отверждения. При повышении температуры изделия пропорционально уменьшается вязкость смолы. Уменьшение вязкости обеспечивает увеличение потока газа, приводя к удалению вовлеченного воздуха и летучих веществ. Этот процесс продолжается до тех пор, пока реакция отверждения изделия не начнет увеличивать вязкость быстрее, чем увеличивающаяся температура сможет уменьшать ее. Как раз перед началом реакции процесс в автоклаве недолго удерживает температуру и повышает давление в автоклаве для отверждения любых оставшихся летучих веществ в растворе. Вскоре после этого в результате реакции создается «гелеобразное» состояние, в котором изделие становится аморфным полутвердым, и газы не могут больше удаляться. Оптимизация этих основных параметров процесса позволяет уменьшить количество пустот. Однако осуществление этого способа затрудняется из-за низких скоростей линейного изменения температуры, необходимых для предотвращения экзотермической реакции, и высоких давлений, необходимых для конденсации оставшихся летучих веществ. Кроме того, летучие вещества, которые обратно конденсируют в композитный материал во время этапа увеличения давления цикла, отрицательно воздействуют на изделие из полимерного композитного материала в результате ослабления механических свойств полимерного изделия при воздействии повышенными температурами. Процесс в автоклаве при попытке решить проблемы, связанные с пустотами, вносит свои собственные значительные проблемы. Не говоря уже о больших капитальных затратах, высокие давления в автоклаве могут разрушить сердцевину многослойной конструкции. Для использования высоких давлений также требуется изготовление сосудов высокого давления, которые являются дорогостоящими при покупке и в обслуживании и требуют значительных площадей инфраструктуры. В области промышленного аэрокосмического производства капитальные затраты на производство автоклава и связанной инфраструктуры легко могут быть оправданы. Авиакосмическая промышленность является промышленностью, в которой небольшое количество изделий и очень жесткие производственные допуски являются нормой. Однако автомобильное производство, промышленное производство и производство морских композитных материалов были серьезно ограничены необходимостью в отверждении, проводимом в автоклаве. Помимо начальных капитальных затрат процесс в автоклаве требует очень дорогих измерительных устройств из-за возникновения температурных градиентов в результате плохой циркуляции тепла, и высокого энергопотребления, связанного с нагреванием самого автоклава, а также изделия в нем. Во многих отраслях промышленности использование инертного газа азота также увеличивает затраты, связанные с изготовлением автоклава. Азот добавляется для того, чтобы композитный материал оставался в инертной среде и не самовоспламенялся. Вне авиакосмической промышленности эти высокие капитальные и эксплуатационные расходы требуют высокой производительности, так как добавление стоимости процесса отверждения труднее объяснить заказчику. Однако высокая производительность нереальна в условиях отверждения в автоклаве, поскольку низкая скорость линейного изменения температуры составляет 30-70% от общего времени отверждения.

Альтернативный процесс включает погружение композитного материала, находящегося в мешке, в ванну с горячей жидкостью для осуществления отверждения. Этот способ при попытке преодолеть проблемы, связанные с низкими скоростями линейного возрастания температуры, создает другие проблемы.

Для отверждения больших изделий требуются тяжелые конструкции для

содержания количества жидкости, необходимого для полного погружения. Кроме того, необходимо тяжелое оборудование для удержания погруженного изделия во время цикла отверждения.

Кроме того, использование данного способа вызывает проблемы при температуре свыше 100°C. Добавление препаратов в воду для подавления процесса кипения только повышает точку кипения до около 107°C. Поэтому для изделий, требующих более высоких температур отверждения, используются масляные ванны. Масло расходуется, когда оно прилипает к вакуумному мешку, закрывающему изделия, при удалении из ванны, и является дорогим на покомпонентной основе. Кроме того, имеется очень мало масел, которые могут не окисляться под воздействием атмосферы при температуре 177°C, причем при окислении образуются корродирующие элементы, которые могут повредить как вакуумный мешок, так и оборудование.

Кроме того, если мешок протекает, то нагревающая жидкость будет проходить в вакуумный мешок, потенциально повреждая изделие.

В области гражданского строительства, строительства и ремонта инфраструктуры требования к качеству конструкций из полимерных композитных материалов аналогичны требованию к качеству конструкций из полимерных композитных материалов в авиакосмической промышленности. Однако в противоположность этому размер конструкций и необходимость ремонта на месте и изготовление исключают использование авиакосмических качественных композитных материалов. Недавно во всем мире было выполнено большое количество ремонтов мостов, зданий, дамб и других бетонных и стальных сооружений. Эти восстановления основывались на использовании влажного наслаивания или вторично связанных композитных систем с углеродными волокнами/эпоксидной смолой. Такое влажное наслаивание или вторично связанные системы обеспечивают конечную прочность соединения плохого качества и ненадежный ремонт. Кроме того, при использовании отверждения в окружающей среде эпоксидных смол образуются материалы плохого качества, когда конструкции нагреваются в жаркий день.

Причиной, по которой рынки инфраструктуры и гражданского строительства вынуждены использовать полимерные композитные материалы плохого качества, является то, что невозможно доставить на площадку автоклавы и печи или использовать их на площадках с ограниченным доступом. Кроме того, невозможно использовать автоклавы на стороне моста из-за неспособности обеспечить герметичное уплотнение в такой ситуации. Это ограничение в мобильности препятствует использованию композитных материалов высокого качества при ремонте инфраструктуры. Аналогично, строительная промышленность не может использовать изделия из полимерных композитных материалов для создания больших конструкций из-за отсутствия доступа к печам или автоклавам достаточного размера или к резервуарам для содержания жидкости достаточного размера. Кроме того, транспортировка больших конструкций на место была бы очень трудной, если бы они имели доступ к соответствующему оборудованию для отверждения. Как отмечено выше, для осуществления всех способов известного уровня техники требуется использование большого и дорогостоящего оборудования, которое нетранспортабельно.

Существует необходимость в создании способа и устройства для отверждения композитных материалов, которые обеспечат необходимую альтернативу способу и устройству для отверждения композитных материалов, уже известных в промышленности.

Подразумевается, что предшествующее описание предпосылок изобретения способствует пониманию настоящего изобретения. Однако следует понимать, что данное описание не является подтверждением или признанием того, что любой указанный материал был частью известного уровня техники в Австралии на дату приоритета заявки.

Раскрытие настоящего изобретения

В соответствии с настоящим изобретением создан способ формования или отверждения полимерных композитных материалов, причем способ включает этап:

формования или отверждения полимерного композитного материала с использованием водяного пара при около атмосферном давлении.

Водяной пар может быть предусмотрен в виде сухого пара (пар, который не содержит воду, удерживаемую механически во взвеси), влажного пара (пар, который содержит воду, удерживаемую во взвеси), насыщенного пара (пар при температуре точки кипения, соответствующей его давлению) или перегретого пара (пар, нагретый до температуры выше точки кипения, соответствующей его давлению).

В одном варианте осуществления настоящего изобретения пар может отводиться в сепаратор после образования для удаления воды и образования сухого пара.

В течение времени, когда композитный материал имеет температуру ниже 100°C (при атмосферном давлении), вода конденсирует на композитный материал, сообщая большие количества энергии, которые обеспечивают высокую скорость линейного изменения температуры. Не ограничиваясь теорией, полагают, что скрытая теплота, выделяемая при конденсации воды, обеспечивает более короткие периоды линейного изменения температуры. Это позволяет сразу подвергать воздействию температур отверждения неотвержденный композитный материал без необходимости в низких скоростях линейного изменения температуры. Скрытая теплота, выделяемая при конденсации, не действует на газы, такие как азот и воздух.

Использование водяного пара обеспечивает быстрое изменение температуры композитного материала благодаря начальной подаче водяного пара или быстрому удалению водяного пара.

Кроме того, использование водяного пара исключает необходимость в тяжелом подъемном оборудовании и частично устраняет проблемы плавучести известного уровня техники.

Не ограничиваясь теорией, полагают, что способ согласно настоящему изобретению сводит к минимуму возникновение температурных напряжений в изделии, обусловленных разными скоростями отверждения в разных частях изделия.

В одном варианте осуществления способ согласно настоящему изобретению включает дополнительные этапы:

размещения композитного материала в камере; и

заполнения камеры водяным паром.

Способ согласно настоящему изобретению обеспечивает быстрое увеличение или уменьшение температуры в камере посредством впрыска или расширения нагретого пара из отдельной камеры или замены нагретого пара охлажденным паром или воздухом. Эти свойства могут быть использованы, когда цикл отверждения требует резкого повышения температуры для устранения летучих веществ и, следовательно, пустот или быстрого понижения температуры для управления экзотермическими реакциями.

Камера может быть закрытой камерой или открытой камерой.

В альтернативном варианте осуществления настоящего изобретения способ

включает дополнительный этап:

размещения композитного материала в камере, заполненной паром.

Когда камера является открытой камерой, камера должна окружать пар таким образом, чтобы поверхность композитного материала подвергалась воздействию пара. Камера может быть выполнена в виде канала, открытого на его обоих концах. Композитный материал может быть расположен в канале или проходить через канал.

Предпочтительно, композитный материал подвешивают в камере.

В одном варианте осуществления настоящего изобретения этап заполнения камеры паром включает этап:

подачи пара в камеру.

При подаче пара в камеру пар, предпочтительно, впрыскивают в камеру.

Во втором варианте осуществления настоящего изобретения этап заполнения камеры паром включает этап:

расширения пара в камере во время испарения.

Этап испарения может происходить в камере или во второй камере.

Предпочтительно, способ согласно настоящему изобретению включает дополнительный этап:

наложения, по меньшей мере, одного слоя полимерного композитного материала на пресс-форму до этапа формования или отверждения полимерного композитного материала.

Предпочтительно, способ согласно настоящему изобретению включает дополнительные этапы:

закрытия композитного материала, по существу, воздухонепроницаемым слоем материала; и

уменьшения давления внутри слоя материала.

Предпочтительно, по существу, воздухонепроницаемый слой материала является гибким и способным принимать форму композитного материала и пресс-формы, в которую он помещен. По существу, воздухонепроницаемый слой материала может быть выполнен из пластика, силикона или фторэластомера. Предпочтительно, по существу, воздухонепроницаемым слоем материала является пластиковый мешок. По существу, воздухонепроницаемый слой материала может быть предусмотрен с клапаном, через который создается вакуум.

В соответствии с настоящим изобретением создан способ формования или отверждения полимерных композитных материалов, причем способ включает этапы:

размещения, по меньшей мере, одного слоя композитного материала в камере;

заполнения камеры нагретым водяным паром приблизительно при атмосферном давлении для нагревания композитного материала;

таким образом формуя или отверждая полимерный композитный материал.

Водяной пар, предпочтительно, подается при температуре, по меньшей мере, 80°C. Более предпочтительно, водяной пар подается при температуре, по меньшей мере, 100°C.

В соответствии со вторым аспектом настоящего изобретения создан способ восстановления изделия, содержащего поврежденную часть, причем способ включает этапы:

наложения неотвержденного композитного материала, по меньшей мере, на поврежденную часть изделия;

подачи водяного пара приблизительно при атмосферном давлении на неотвержденный композитный материал;

таким образом формуя или отверждая полимерный композитный материал.

Преимущественно, для осуществления способа согласно настоящему изобретению не требуется использование жестких уплотнений вокруг неотвержденного состава для удержания высокого давления во время цикла отверждения.

В одном варианте осуществления настоящего изобретения изделие выполнено из полимерного композитного материала. Способ может быть использован для восстановления поврежденной части самолета, судна или других изделий, содержащих полимерный композитный материал, посредством наложения неотвержденного композитного материала на поврежденный участок и пропускания пара над композитным материалом.

В альтернативном варианте осуществления настоящего изобретения изделие выполнено в виде здания, сооружения, резервуара, транспортного средства, летательного аппарата или судна или любой их части, включая мостовую балку, стрелы крана и крылья летательного аппарата. Изделие может содержать другие материалы, в отличие от полимерных композитных материалов, но указанные материалы должны иметь способность соединяться с композитными материалами и сохранять свою целостность при заданной повышенной температуре отверждения во время цикла отверждения.

Предпочтительно, способ включает дополнительный этап:

закрытия изделия, по существу, воздухонепроницаемым слоем материала; и

уменьшения давления внутри слоя материала.

Более предпочтительно, способ включает дополнительный этап:

сооружения изолированной камеры вокруг неотвержденного композитного материала.

В соответствии с настоящим изобретением создан способ восстановления изделия, имеющего поврежденную часть, причем способ включает этапы:

наложения неотвержденного композитного материала, по меньшей мере, на поврежденную часть изделия;

закрытия изделия, по существу, воздухонепроницаемым слоем материала;

сооружения изолированной камеры вокруг неотвержденного композитного материала и, по существу, воздухонепроницаемого слоя материала;

уменьшения давления внутри слоя материала;

подачи водяного пара приблизительно при атмосферном давлении на композитный материал;

таким образом формуя или отверждая полимерный композитный материал.

Предпочтительно, способ включает дополнительный этап:

механического удаления сыпучего материала с поверхности изделия.

Предпочтительно, способ включает дополнительный этап:

нанесения состава для заполнения щелей на любые отверстия в изделии для уменьшения вероятности проникновения воздуха.

Предпочтительно, способ включает дополнительный этап:

наложения клейкой пленки на изделие для увеличения силы сцепления между изделием и композитным материалом.

В одном варианте осуществления настоящего изобретения клейкий материал предусмотрен в виде эпоксидного клея.

Предпочтительно, способ включает дополнительный этап:

наложения неклейкой снимаемой пленки на композитный материал.

Предпочтительно, способ включает дополнительный этап:

наложения воздухопроницаемого слоя вокруг композитного материала для обеспечения канала для отвода воздуха.

В соответствии с настоящим изобретением создан способ восстановления изделия, имеющего поврежденную часть, причем способ включает этапы:

наложения клейкой пленки на изделие для увеличения силы сцепления между изделием и композитным материалом;

наложения неотвержденного композитного материала, по меньшей мере, на поврежденную часть изделия;

наложения неклейкой снимаемой пленки на композитный материал;

наложения воздухопроницаемого слоя вокруг композитного материала для обеспечения канала для отвода воздуха;

закрытия изделия, по существу, воздухонепроницаемым слоем материала;

сооружения изолированной камеры вокруг части неотвержденного композитного материала;

уменьшения давления внутри слоя материала; и

подачи водяного пара приблизительно при атмосферном давлении на неотвержденный композитный материал, таким образом формуя или отверждая полимерный композитный материал.

В соответствии с третьим аспектом настоящего изобретения создано устройство для осуществления способа в соответствии с первым или вторым аспектами настоящего изобретения.

Краткое описание чертежей

Настоящее изобретение будет описано только в качестве примера со ссылкой на его три варианта осуществления и сопроводительные чертежи, на которых:

на фиг.1 изображен график температуры в зависимости от времени для композитного материала, отверждаемого в соответствии с первым вариантом осуществления настоящего изобретения;

на фиг.2 изображен график температуры в зависимости от времени как для композитного материала, так и для поступающего пара на композитный материал, отверждаемый в соответствии с первым вариантом осуществления настоящего изобретения;

на фиг.3 изображен сравнительный график нагрузки в зависимости от прогиба во время испытательной программы, в которой композитный материал отверждается в соответствии с первым вариантом осуществления настоящего изобретения и описан в примере 4;

на фиг.4 изображена схема расположения различных образцов деревянной балки, используемой и описанной в примере 4.

Наилучшие способы выполнения согласно настоящему изобретению

Специалистам в данной области техники будет понятно, что возможны различные модификации и изменения в настоящем изобретении, описанном здесь, а не только конкретно описанные модификации и изменения. Необходимо понимать, что настоящее изобретение включает все такие изменения и модификации. Настоящее изобретение также включает все этапы, отличительные особенности, композитные материалы и составы, упоминаемые или указанные в описании, отдельно или вместе, и любые или все соединения или любые два или более из этапов или отличительных особенностей.

В качестве примера способ согласно настоящему изобретению описан в контексте отверждения композитных материалов с использованием водяного пара, хотя это не

следует понимать как ограничение большей части предшествующего описания.

Способ согласно настоящему изобретению включает размещение предварительно пропитанных термопластических полимерных композитных материалов в пресс-форму в мешке в условиях вакуума в камеру, заполненную паром. Вакуумный мешок вытягивает неотвержденный предварительно пропитанный термопластический полимерный композитный материал на поверхность пресс-формы, предотвращая поглощение пара предварительно пропитанным термопластическим полимерным композитным материалом.

Для обеспечения полного отверждения термопары могут быть вставлены между слоями предварительно пропитанного термопластического полимерного композитного материала для контроля, подвергается ли неотвержденный композитный материал температурам отверждения в течение времени, указанного производителем предварительно пропитанного термопластического полимерного композитного материала. В качестве альтернативы, для применений, в которых проявление температур фазового перехода стекла не является таким важным, данные термопары могут быть использованы для указания, когда экзотермическая реакция заканчивается, указывая, что большая часть сторон полимера вступила в реакцию, и композитный материал достаточно отвержден.

При использовании способа согласно настоящему изобретению крупногабаритные изделия, такие как автомобили, самолет, судно и элементы конструкции, могут быть помещены в камеру, причем камера закрытая, и пар впрыскивается или расширяется. Для отверждения в жидких ваннах изделие должно быть помещено в ванну с уже налитой жидкостью, для чего необходимо тяжелое подъемное оборудование как для размещения, так и для удержания внизу плавучего изделия во время отверждения.

Для серийных изделий, таких как мост и мостовые балки, крылья самолета, архитектурные конструкции и стрелы крана, может быть использован непрерывный конвейер, когда для паровой камеры не требуется жесткое уплотнение, как в случае с жидкой ванной или автоклавом, который может обеспечить более быстрое изготовление изделия, чем посредством отверждения в жидкой ванне, где изделие опускается в жидкость с помощью гидравлического оборудования.

При отверждении в жидкой ванне изделие не может быть размещено в камере, и затем не может подаваться горячая жидкость, поскольку сначала будут отверждаться нижние части изделия, вызывая температурные напряжения в части, которые возникают во время отверждения.

При отверждении в автоклаве или жидкой ванне уплотненные резервуары не могут быть использованы для больших конструкций, таких как здание или мост, для обеспечения тепла во время отверждения, поскольку достаточное уплотнение не может быть образовано ни с практической точки зрения, ни с экономической точки зрения. Кроме того, расходы на перевозку автоклава или ванны на место были бы непомерно высокими.

В тех случаях, когда изделие помещается в камеру при комнатной температуре и атмосферном давлении и в камеру подается пар, то в течение некоторого времени изделие будет иметь температуру ниже 100°C. Из-за разности температур между изделием и окружающим паром некоторая часть пара будет конденсировать на изделие. Когда температура изделия поднимется выше 100°C, влага на изделии будет испаряться, и будет образовываться пар.

Не ограничиваясь теорией, следует отметить, что два процесса происходят во время целого цикла отверждения, причем первым процессом является конденсация водяного

пара на изделие, когда температура изделия ниже 100°C. Когда пар конденсирует на изделие, то скрытая тепловая энергия, накопленная в паре, выходит и способствует нагреванию изделия в течение более короткого времени. Водоконденсат с удельной теплотой 4,19 кДж/(кг·K) вместе с окружающим паром (приблизительно 1,93 кДж/(кг·K) и зависит от качества пара) обеспечивает быстрое поглощение любого излишка тепла, образованного в результате экзотермической реакции смол, из части, выполненной из композитного материала.

Когда температура изделия соответствует 100°C, то может наступить перерыв в нагревании, поскольку сконденсированная влага на изделии испаряется под действием входящего перегретого пара. Второй этап нагревания обусловлен коэффициентом теплопередачи пара.

Насыщенный пар имеет более высокую удельную теплопроводность, чем воздух и азот, таким образом температурные градиенты представляют меньшую проблему, чем при отверждении в автоклаве. Необходимо отметить, что эта способность быстро нагревать и регулировать температуру изделия играет важную роль в устранении пустот.

Влагопоглощение неотвержденными композитными материалами является основной причиной образования пустот, и хотя в способах, включающих жидкую ванну согласно известному уровню техники, используются вакуумные мешки, влага, тем не менее, может контактировать с изделием через небольшие отверстия в мешке и т.д., поскольку свойство вакуумного упаковывания в мешки состоит во всасывании через вакуумную установку. При использовании способа согласно настоящему изобретению изделие находится в контакте только с небольшими концентрациями влаги в течение периода, который может продолжаться только несколько минут, в течение которого оно имеет температуру ниже 100°C. Это не было бы достаточным временем для проникновения значительного количества влаги в вакуумный слой мешка. Свыше 100°C пар не конденсирует на изделие.

Следующие примеры служат для более полного описания способа использования описанного выше изобретения, а также для объяснения рассмотренных наилучших способов выполнения различных аспектов согласно настоящему изобретению. Понятно, что эти примеры ни в коей мере не служат ограничением настоящего объема данного изобретения, а скорее представлены с иллюстративными целями.

Пример 1

Мелкий бассейн с водой в баке на 200 л, содержащем два нагревательных элемента мощностью 2,5 кВт, был нагрет до точки испарения. Образцы для испытаний из композитного материала, содержащего предварительно пропитанный термопластический полимерный композитный материал с углеродными волокнами с полотняным переплетением марки Toray G83c, покрытый снимаемой пленкой Wrightlon 5200 и воздухопроницаемой/воздухоспускной тканью Airweave №10, находившиеся все в вакуумном мешке Wrightlon 6400 под абсолютным давлением 5 кПа, были погружены в закрытой камере с паром и оставлены для отверждения в течение требуемого периода, как указано производителем предварительно пропитанного термопластического полимерного композитного материала. Термопары были вставлены между слоями на каждом конце образца для испытаний во время наслаивания для считывания данных о профиле температур в части из композитного материала во время отверждения и времени, необходимого для достижения температуры отверждения, данные были записаны вручную, и результаты показаны на фиг.1.

Обе термопары показали очень похожие результаты, указывающие на хороший профиль температур в закрытой камере. Часть из композитного материала достигла температуры отверждения приблизительно через 160 с после погружения в пар, указывая на способность пара быстро нагревать изделие до температуры отверждения. Постоянный профиль температур после этого периода указывал на способность процесса регулировать температуру композитного материала и поглощать тепло, образуемое в результате экзотермических реакций смол.

Пример 2

Мелкий бассейн с водой в камере на 2700 л (изолированный бак с размерами 2,4 м в длину на 1,2 м в ширину и 1,2 м в высоту), содержащей шесть нагревательных элементов мощностью 2,5 кВт, равномерно распределенных по основанию бака, был нагрет до точки испарения. Шасси автомобиля, полностью выполненное из композитного материала, содержащего алюминиевые материалы с пористой сердцевиной и предварительно пропитанный термопластический полимерный композитный материал с одноосными углеродными волокнами с полотняным переплетением марки Toray G83c, покрытый снимаемой пленкой Wrightlon 5200 и воздухопроницаемой/воздухоспускной тканью Airweave №10, находившиеся все в вакуумном мешке Wrightlon 6400 под абсолютным давлением 5 кПа, было подвешено в камере с помощью подъемного приспособления и оставлено для отверждения в течение требуемого периода, как указано производителем предварительно пропитанного термопластического полимерного композитного материала. Отверждение было успешным, и шасси было использовано в автогонках Формулы 2003.

Пример 3

Бак на 200 л, используемый в примере 1, был использован в качестве камеры, в который был подан перегретый пар при атмосферном давлении. Образцы испытания, содержащие предварительно пропитанный термопластический полимерный композитный материал с углеродными волокнами с полотняным переплетением марки Toray 2510, покрытый снимаемой пленкой Wrightlon 5200 и воздухопроницаемой/воздухоспускной тканью Airweave №10, находившиеся все в вакуумном мешке Wrightlon 6400 под абсолютным давлением 2 кПа, были помещены в камеру и подвергнуты воздействию перегретого пара при 180°C. В образце испытания произошла экзотермическая реакция при его отверждении, но окружающий пар абсорбировал образованное излишнее тепло, таким образом произошло загущение за 90 с и успешное отверждение композитного материала менее чем за 20 мин. График температуры в зависимости от времени как для изделия, так и для входящего пара показан на фиг.2.

Пример 4

Образец отрезанной деревянной балки, представляющей деревянную мостовую балку, пилон или элемент конструкции, подвергаемый разрушению под влиянием атмосферных воздействий и гнилостному разрушению, был обработан с целью удаления сыпучего материала с поверхности. Для обеспечения надежного соединения между деревянной балкой и композитным материалом деревянную балку можно последовательно продуть воздухом и зашкурить для образования шпоночной поверхности. Быстрое отверждение эпоксидной пасты при высокой температуре было использовано для образования «вакуумных колец» вокруг двух частей деревянной балки. Паста была приготовлена при смешивании высокотемпературной эпоксидной смолы с частями коллоидного кремнезема и микросфер с Q-ячейками для получения

густой пасты, которую можно зашкурить при отверждении. Вакуумные кольца были оставлены для отверждения на ночь перед легким зашкуриванием для получения гладкой поверхности.

Мягкий быстро затвердевающий состав для заполнения щелей был нанесен с помощью шприца для заделки швов на все трещины в деревянной балке для уменьшения прохождения воздуха вдоль трещин во время уплотнения вакуумом. Уплотнение вакуумом является важным этапом в процессе во время отверждения, поскольку оно обеспечивает надежную адгезионную связь между деревом и предварительно пропитанным термопластическим полимерным композитным материалом. Если воздух проникает между предварительно пропитанным термопластическим полимерным композитным материалом и деревом во время отверждения, то адгезионная связь может быть нарушена. Высокотемпературная эпоксидная клейкая пленка (Cytec FM73M-OST) была намотана вокруг деревянной балки. Клейкая пленка обеспечивала необходимое количество эпоксидной смолы для обеспечения прочной, жесткой и износостойкой связи между деревом и предварительно пропитанным термопластическим полимерным композитным материалом. Пленка изготовлена для соответствия тепловым свойствам предварительно пропитанного термопластического полимерного композитного материала, с которым она соединяется, поэтому выбор используемой клейкой пленки будет в значительной степени зависеть от выбора предварительно пропитанного термопластического полимерного композитного материала.

Деревянная балка была обернута в неотвержденный композитный материал, содержащий предварительно пропитанный термопластический полимерный композитный материал с углеродными волокнами с полотняным переплетением марки Toray G83c. Уплотнительная лента вакуумного мешка была нанесена вокруг вакуумных колец для обеспечения воздухонепроницаемого уплотнения между вакуумным мешком и деревянной балкой. Предварительно пропитанный термопластический полимерный композитный материал был закрыт неклейкой снимаемой пленкой (снимаемая пленка Wrightlon 5200) для обеспечения того, чтобы смола не прилипала к воздухопроницаемой ткани во время отверждения. Воздухопроницаемая ткань (воздухопроницаемая/воздухоспускная ткань Airweave №10) была намотана вокруг композитного материала для обеспечения канала для выпуска воздуха во время уплотнения вакуумом. Деревянная балка и участок композитного материала были обернуты воздухонепроницаемой вакуумной упаковочной пленкой (вакуумная упаковочная пленка Wrightlon 6400), и был закреплен выпускной проход, и в мешке был создан вакуум (абсолютное давление 5 кПа).

Ровная часть изоляционной ткани в виде толстого шерстоподобного огнезащитного сложного полиэфира, называемого «паровым мешком», была свободно намотана вокруг деревянной балки таким образом, что концы деревянной балки выступали за концы мешка. Там, где ткань была намотана вокруг деревянной балки, она соединялась посредством использования устройства, образованного из крючка и петли, такого как Velcro®, для образования гибкого цилиндра, полностью закрывающего деревянную балку, обернутую композитным материалом. На концах гибкого цилиндра, где деревянная балка выходит из цилиндра, цилиндр был туго натянут вокруг деревянной балки и зашит на загнутых концах для образования неплотно закупоренного мешка. Мешок был наполнен паром приблизительно в течение 2 часов для отверждения композитного материала и для соединения его с

деревянной балкой.

Деревянная балка с пролетом 1,2 м была испытана на изгиб в 3 точках посредством использования разрывной машины марки "Инстрон 8501" с датчиком нагрузки 100 кН и, как оказалось, имеет в два раза большую прочность, чем подобная неповрежденная часть деревянной балки. Сравнительный график нагрузки в зависимости от прогиба во время испытательной программы проиллюстрирован на фиг.3, на котором цельный участок относится к неповрежденной части деревянной балки, разрезной участок относится к части деревянной балки, которая была отрезана в продольном направлении для образования трех частей одинакового размера, и восстановление углеродных волокон относится к восстанавливаемому разрезному участку, как описано в данном примере. Схема расположения трех образцов деревянной балки изображена на фиг.4.

Пример 5

Шасси открытой колесной гоночной машины, выполненное из алюминиевых материалов с сотовой структурой и предварительно пропитанного термопластического полимерного композитного материала с одноосными углеродными волокнами с полотняным переплетением марки Toray G83c, было повреждено внутри двигательного отсека. Для устранения повреждения необходимо было удалить поврежденные волокна и несвязанные участки углеродных волокон. После удаления поврежденной части участок был очищен и на поврежденный участок был нанесен новый неотвержденный предварительно пропитанный термопластический полимерный композитный материал с одноосными углеродными волокнами с полотняным переплетением марки Toray G83c. Этот участок был закрыт снимаемой пленкой Wrightlon 5200 и воздухопроницаемой/воздухоспускной тканью Airweave №10 и помещен в вакуумный мешок Wrightlon 6400 под абсолютным давлением 5 кПа. Затем этот участок был закрыт с использованием куска пенополиуретана средней плотности, в котором было образовано полое пространство посредством вырезания для получения большой полости, наполненной воздухом между пеной и мешком. На противоположной поверхности относительно восстанавливаемой поверхности был установлен вентилятор для подачи постоянного охлажденного воздушного потока над поврежденными участками шасси. Полость в пене была заполнена паром приблизительно в течение 4 часов, вызывая отверждение композитного материала. Эффект отверждения был таким, что шасси было отремонтировано и имело прочность, достаточную для выдерживания заданных расчетных нагрузок.

Пример 6

Шесть образцов из бетона с размерами 150×150×30 мм были покрыты неотвержденным композитным материалом, состоящим из предварительно пропитанного термопластического полимерного композитного материала с углеродными волокнами с полотняным переплетением марки SP Systems SE84LV, покрытым снимаемой пленкой Wrightlon 5200 и воздухопроницаемой/воздухоспускной тканью Airweave №10, и упакованы в вакуумном мешке Wrightlon 6400 под абсолютным давлением 2 кПа. Мешок был помещен в камеру, в которую был подан пар. Спустя 2 часа композитный материал был отвержден, и образцы из бетона были подвергнуты испытаниям на разрыв со снятием круглой обжимки, которые показали, что связь между композитным материалом и бетоном была сильнее, чем прочность бетона на разрыв.

Пример 7

Полая алюминиевая балка с номинальными размерами 3 м×150 мм×50 мм была покрыта с трех сторон неотвержденным композитным материалом, состоящим из предварительно пропитанного термопластического полимерного композитного материала с углеродными волокнами с полотняным переплетением марки Toray G83c, покрытого снимаемой пленкой Wrightlon 5200 и воздухопроницаемой/воздухоспускной тканью Airweave №10. Неотвержденный композитный материал был заключен в мешок, выполненный из вакуумной упаковочной пленки Wrightlon 6400, которая была уплотнена и подвергнута воздействию вакуумом для создания абсолютного давления 5 кПа. Пар подавался в центр полой алюминиевой балки, и алюминиевая балка и композитный материал нагревались паром в течение 2 часов таким образом, что композитный материал был отвержден. Композитный материал был удален с наружной стороны алюминиевой балки для образования канала из отвержденного композитного материала.

Следует отметить, что для специалиста в данной области техники будет понятно, что возможны модификации и изменения, которые входят в объем настоящего изобретения.

Формула изобретения

1. Способ формования или отверждения полимерных композитных материалов, включающий:

нагревание неотвержденного полимерного композитного материала с помощью нагретого пара при атмосферном давлении.

2. Способ по п.1, дополнительно включающий перед нагреванием образование воздухонепроницаемого барьера вокруг неотвержденного полимерного композитного материала, причем неотвержденный полимерный композитный материал нагревают через барьер водяным паром.

3. Способ по п.1 или 2, включающий удаление участка между воздухонепроницаемым барьером и неотвержденным полимерным композитным материалом.

4. Способ по п.2, в котором образование барьера включает образование барьера из гибкого материала.

5. Способ по п.3, в котором участок между воздухонепроницаемым барьером и неотвержденным полимерным композитным материалом удаляют таким образом, что барьер соответствует форме неотвержденного полимерного композитного материала и подложки или пресс-формы, на которые или в которые размещают неотвержденный полимерный композитный материал.

6. Способ по п.5, в котором образование барьера включает образование барьера из пластикового мешка.

7. Способ по п.3, включающий обеспечение клапана в барьере, через который удаляют участок между барьером и неотвержденным полимерным композитным материалом.

8. Способ по п.7, в котором пар выбирают из группы, содержащей сухой пар, влажный пар, насыщенный пар и перегретый пар.

9. Способ по п.1 или 2, в котором водяной пар имеет температуру, по меньшей мере, 80°C.

10. Способ по п.1 или 2, в котором водяной пар имеет температуру, по меньшей мере, 100°C.

11. Способ по п.1 или 2, дополнительно включающий:

размещение неотвержденного полимерного композитного материала в камере, и или (a) испарение воды в камере для образования водяного пара, или (b) испарение воды снаружи камеры для образования водяного пара и прохождения водяного пара в камеру.

12. Способ по п.11, в котором камеру выполняют в виде гибкого мешка.

13. Способ по п.1 или 2, дополнительно включающий сооружение изолированной камеры вокруг неотвержденного полимерного композитного материала и прохождение водяного пара в изолированную камеру.

14. Способ по п.11, дополнительно включающий расширение водяного пара при прохождении в камеру.

15. Способ по п.1 или 2, дополнительно включающий перед нагреванием обеспечение подложки или пресс-формы и наложение, по меньшей мере, одного слоя неотвержденного полимерного композитного материала на или в подложку или пресс-форму.

16. Способ по п.1, дополнительно включающий:

перед нагреванием, обеспечение компонента или изделия, имеющего поврежденную или нарушенную часть, и

наложение, по меньшей мере, одного слоя неотвержденного полимерного композитного материала на поврежденную или нарушенную часть,

посредством чего при отверждении неотвержденного полимерного композитного материала компонент или изделие восстанавливают.

17. Способ по п.16, дополнительно включающий:

механическое удаление незакрепленного материала с поверхности компонента или изделия.

18. Способ по п.16, включающий:

нанесение состава для заполнения щелей на одно или более отверстий в компоненте или изделии.

19. Способ по п.16, включающий:

нанесение клейкого слоя на компонент или изделие для образования связи между компонентом или изделием и неотвержденным полимерным композитным материалом.

20. Способ по п.16, включающий:

наложение неклейкой снимаемой пленки на неотвержденный полимерный композитный материал.

21. Способ по п.16, включающий:

наложение воздухопроницаемого слоя вокруг неотвержденного полимерного композитного материала.

22. Способ восстановления компонента или изделия, имеющего поврежденную или нарушенную часть, включающий:

наложение неотвержденного композитного материала, по меньшей мере, на поврежденную или нарушенную часть,

образование воздухонепроницаемого барьера вокруг неотвержденного полимерного композитного материала для определения участка между неотвержденным полимерным композитным материалом и барьером, прикладывание вакуума к участку для соответствия барьера форме участка и полимерного композитного материала, и

нагревание неотвержденного полимерного композитного материала через барьер с помощью нагретого пара при атмосферном давлении.

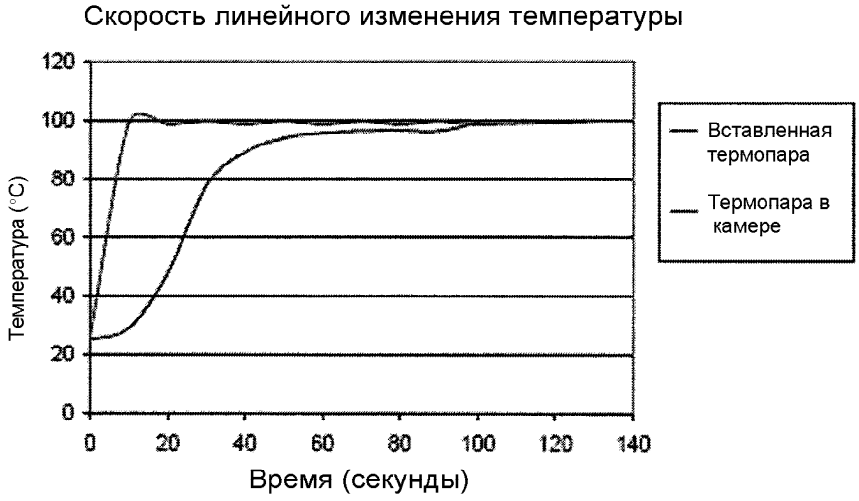
23. Способ формования или отверждения полимерных композитных материалов, включающий:

наложение неотвержденного полимерного композитного материала на подложку,

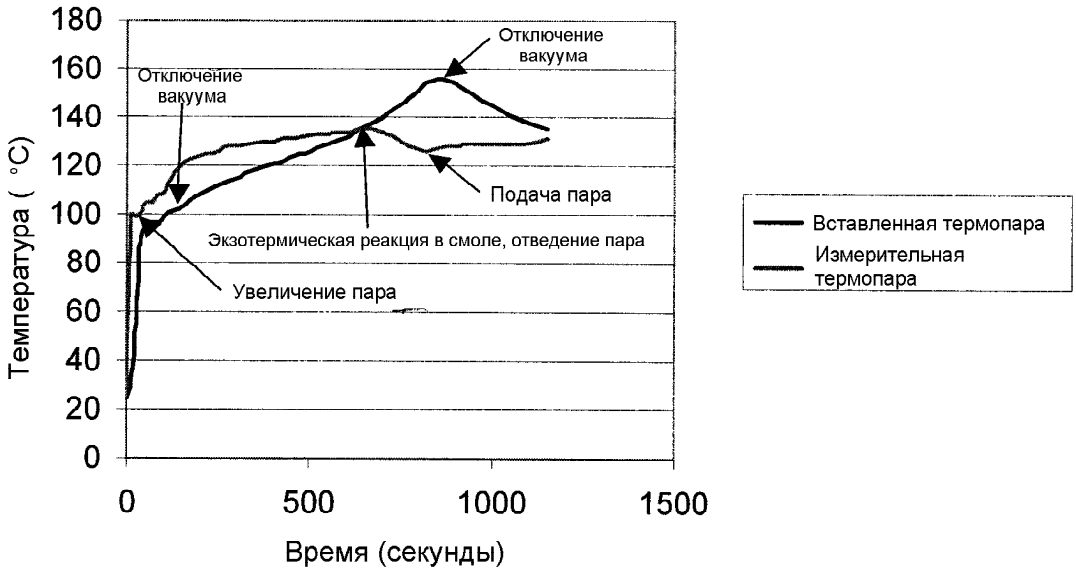
образование воздухонепроницаемого барьера вокруг неотвержденного полимерного композитного материала для определения участка между неотвержденным полимерным композитным материалом и барьером,

прикладывание вакуума к участку для соответствия барьера форме участка неотвержденного полимера и лежащей под ним подложки, и

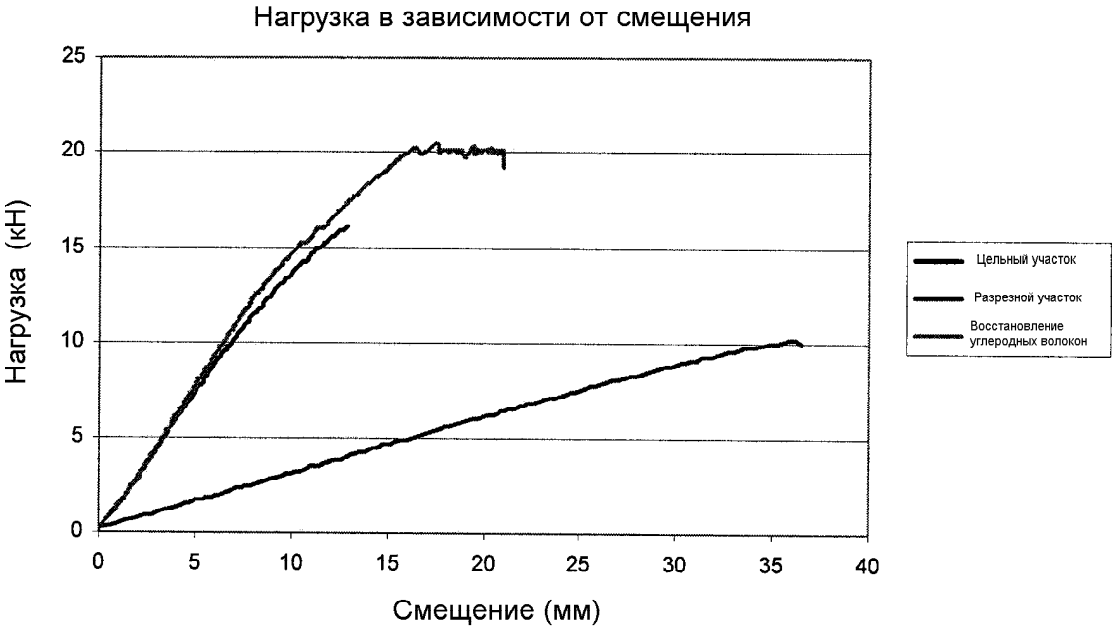
нагревание неотвержденного полимерного композитного материала через барьер с помощью нагретого пара при атмосферном давлении.


Скорость линейного изменения температуры
Температура (°С)
120
100
80
60
40
20
0
0
20
40
60
80
100
120
140
Время (секунды)
Вставленная термопара
Термопара в камере

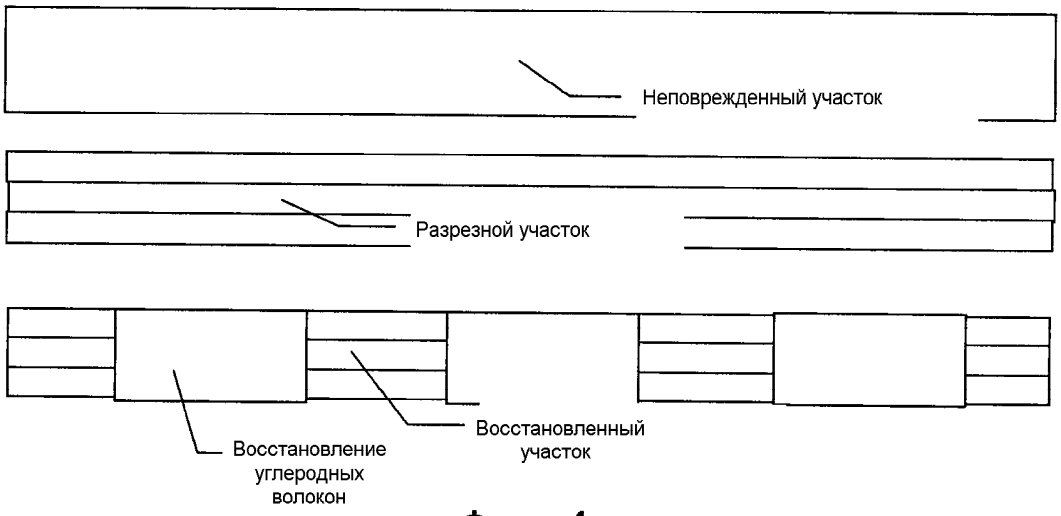
Фиг.1


Считывание с термопары
Температура (°С)
180
160
140
120
100
80
60
40
20
0
0
500
1000
1500
Время (секунды)
Отключение вакуума
Отключение вакуума
Подача пара
Экзотермическая реакция в смоле, отведение пара
Увеличение пара
Вставленная термопара
Измерительная термопара

Фиг.2


Нагрузка в зависимости от смещения
Нагрузка (кН)
Смещение (мм)
0
5
10
15
20
25
30
35
40
Цельный участок
Разрезной участок
Восстановление углеродных волокон

Фиг.3


Неповрежденный участок
Разрезной участок
Восстановление углеродных волокон
Восстановленный участок

Фиг.4